

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

(подпись)

А.А. Каракозов

« 31 » марта 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДЭ.02.01 Современные системы электропривода
(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль): Электроснабжение и энергосбережение
Программа: магистратура
Форма обучения: очная, заочная

Форма обучения:	Очная	Заочная
Семестр(ы)	3	3
Общая трудоёмкость в з.е./часах	3/108	3/108
Контактная работа (час.), в том числе:	55	20
лекции (час.)	34	6
практические (семинарские) занятия (час.)	-	-
лабораторные работы (час.)	17	8
Самостоятельная работа (час.), в том числе	8	52
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	-	-
Контроль (экзамен/зачёт, час.)	экз.,45час.	экз.,36час.

Донецк, 2023 г.

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы проектирования, выбора и наладки систем электропривода на базе современного комплектного электропривода, а также типовые технические решения и примеры схем современных электроприводов.

Цель дисциплины: изучение основных видов и классов современных систем электропривода различного применения и примеров их технологических реализаций в отраслях промышленности.

В результате освоения дисциплины студент должен знать:

- знать классификацию механизмов, типовые требования к их электроприводу; распространенные технические решения и примеры схем современных электроприводов;

- основные правила технической эксплуатации и обслуживания электротехнического и электромеханического оборудования;

уметь:

- уметь использовать полученную в результате обучения теоретическую и практическую базу при выборе систем электроснабжения с учетом особенностей механизма;

- осуществлять эксплуатацию и техническое обслуживание электротехнического и электромеханического оборудования в соответствии с действующими правилами;

владеть:

- навыками выбора серийного оборудования и проектирования новых объектов управления;

- навыками проведения испытаний и ремонтов электротехнического и электромеханического оборудования.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способен осуществлять организацию, управлять деятельностью и выполнять работы по эксплуатации и ремонту объектов профессиональной деятельности (ПК-3).

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: «Основы электропривода», «Микропроцессорные устройства», «Промышленная электроника», «Электрические машины».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при прохождении государственной итоговой аттестации и в дальнейшей инженерной деятельности.

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

№ те мы	Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная / заочная форма)				
		Всего	В том числе			
			Лекции	Лабор.	Практ.	СРС
1	Концепция комплектного электропривода. Особенности мощных и мало-мощных ЭП. Объектно-ориентированные электропривода в различных отраслях промышленности.	6/3	3/1	3/0	-/-	0/2
2	Серии электрических машин	2/4	2/0	0/0	-/-	0/4
3	Диагностика и защита современных систем ЭП.	5/5	2/1	3/0	-/-	0/4
4	Устройства плавного пуска	3/5	2/1	0/0	-/-	1/4
5	Основные типы преобразователей	6/8	2/2	4/4	-/-	0/2
6	Особенности выбора ЭП переменного тока на базе асинхронного двигателя	5/4	4/0	0/0	-/-	1/4
7	Защитная и коммутационная аппаратура ПЧ	7/5	4/1	3/0	-/-	0/4
8	Высоковольтные ПЧ. Сервопривод. Выбор комплектных ЭП.	3/4	2/0	0/0	-/-	1/4
9	Передаточные устройства электроприводов. Мотор редукторы и муфты. Механотронные модули в системах управления движением.	3/4	2/0	0/0	-/-	1/4
10	Системы электропривода крановых механизмов, лифтов, шахтных подъёмных установок.	7/8	3/0	4/4	-/-	0/4
11	Электропривод турбомеханизмов: насосы, вентиляторы, компрессоры.	3/4	2/0	0/0	-/-	1/4
12	Электропривод конвейерных установок. Электропривод экскаваторов.	3/4	2/0	0/0	-/-	1/4
13	Электропривод металлургического производства.	3/4	2/0	0/0	-/-	1/4
14	Контактный электрический транспорт. Электромобиль.	3/4	2/0	0/0	-/-	1/4
Контактная работа (дополнительная)		4/6				
Курсовая работа (проект)		-/-				
Итого по видам занятий		63/72	34/6	17/8	-/-	8/52
Контроль		45/36				
ИТОГО:		108				

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на формирование компетенции
ПК-3	Темы 1-14

3.2 Лекции

Тема 1. Концепция комплектного электропривода. Особенности мощных и маломощных ЭП. Объектно-ориентированные электропривода в различных отраслях промышленности.

Содержание темы 1: Концепция комплектного электропривода, состав современного комплектного ЭП. Конструктивные особенности современного ЭП. Особенности мощных и маломощных ЭП. Особенности отраслевых ЭП. Особенности построения ЭП для машиностроения, металлургии, транспорта.

Литература к теме 1: [1, 2, 3].

Тема 2. Серии электрических машин.

Содержание темы 2: Единые серии электрических машин. Специальные электрические машины. Электрические двигатели регулируемых ЭП. Перспективы развития электродвигателей. Степени защиты от внешних воздействий. Конструктивное исполнение по способу монтажа. Способы охлаждения электрических двигателей. Самовентилируемые двигатели. Деноминация.

Литература к теме 2: [1, 2].

Тема 3. Диагностика, защита современных систем ЭП.

Содержание темы 3: Аппаратура и устройства защит в релейно-контакторных схемах ЭП. Многофункциональные устройства защиты. Электронное реле защиты двигателя типа ZEV. Защиты тиристорных ЭП постоянного тока: источники перенапряжений и способы защиты от них; защита от аварийных токов. Защита электродвигателя. Защита силовой цепи ПЧ. Защита цепей управления ПЧ. Организация диагностики и мониторинга состояния ПЧ. Ситуации, которые требуют выключение ЭП. Мероприятия, которые предотвращают возникновение аварий.

Литература к теме 3: [1].

Тема 4. Устройства плавного пуска.

Содержание темы 4: Анализ существующих решений ограничения пусковых токов двигателя. Прямой пуск АД. Реакторный пуск. Автотрансформаторный пуск. Пуск с переключением Y/D. Тиристорные регуляторы напряжения. Функция бустера. Способы остановки АД с помощью УПП. Функции защиты УПП. Регуляторы напряжения без обратной связи по току, с обратной связью по току, регуляторы тока с обратной связью, регуляторы момента с обратной связью по току. Схемы включения УПП с сетевым и обходным контакторами. Пуска нескольких двигателей одним УПП. Пуск АД с фазным ротором. Энергосбережение при использовании устройств плавного пуска.

Литература к теме 4: [1, 2].

Тема 5. Основные типы преобразователей.

Содержание темы 5: Широтно-импульсная модуляция в ПЧ. Требования к ПЧ. Задачи систем управления современных ПЧ. Основные типы ПЧ.

Литература к теме 5: [2].

Тема 6. Особенности выбора ЭП переменного тока на базе асинхронного двигателя.

Содержание темы 6: Выбор номинальной мощности ПЧ. Учет требуемого рабочего диапазона регулирования скорости. Необходимость обеспечения рекуперации энергии. Учет длины силового кабеля для подключения двигателя. Наладка регулируемого ЭП. Искажения в питающей сети. Проблемы, связанные с кратковременными прерываниями тока в силовых цепях. Сети с изолированной нейтралью. Ограничения режимов со стороны двигателя. Тип нагрузки механизма.

Литература к теме 6: [1, 2, 3].

Тема 7. Защитная и коммутационная аппаратура ПЧ.

Содержание темы 7:

Дроссели и фильтры. Рекомендуемые схемы подключения. Выбор дросселей и фильтров.

Литература к теме 7: [2, 3].

Тема 8. Высоковольтные ПЧ. Сервопривод. Выбор комплектных ЭП.

Содержание темы 8: Многоуровневый инвертор. Каскадное соединение инверторов. IGCT: запираемый тиристор со встроенным блоком управления. Анализ схемных решений АВВ. Трансформаторный ПЧ. Влияние ПЧ на питающую сеть. Перенапряжения на выходе АИН. Требования к сервоприводу. Сравнительный анализ характеристик серводвигателей. Синхронные серводвигатели с постоянными магнитами. Асинхронные серводвигатели. Шаговый двигатель. Гибридный ШД. Биполярные и униполярные ШД. Способы управления фазами ШД. Полношаговый, полушаговый и микрошаговый режимы. Механические характеристики ШД. Кривая старта. Драйвер ШД. Шаговый ЭП. Сравнительная характеристика систем ЭП. Выбор системы электропривода. Критерии выбора.

Литература к теме 8: [1, 2, 4].

Тема 9. Передаточные устройства электроприводов. Мотор редукторы и муфты. Механотронные модули в системах управления движением.

Содержание темы 9: Механическая передача. Требования к механическим передачам. Зубчатые МП, преимущества и недостатки. Классификация зубчатых МП. Цилиндрические, конические, винтовые, реечные, червячные, планетарные, волновые передачи. Прямозубые и косозубые передачи. Фрикционные передачи. Самотормозные механические передачи. Мотор-вариаторы, Кинематические схемы вариаторов. Функции муфт. Упруго-компенсирующие, стальные ламельные компенсирующие, зубчатые компенсирующие, высокоточные муфты, муфты на

постоянных магнитах, ограничители момента. Электрошпиндели, мотор-колеса, приводные модули звеньев промышленных манипуляторов, мотор-барабаны, двигатели-ролики, двигатели-цилиндры.

Литература к теме 9: [3].

Тема 10. Системы электропривода крановых механизмов, лифтов, шахтных подъёмных установок.

Содержание темы 10: Подъёмные краны как типичные установки циклического действия. Требования к электроприводу крановых механизмов. Крановые АДфр и АДкзр, предназначенные для питания от промышленной сети. Частотно-регулируемые крановые электродвигатели. Применение АД общего назначения в крановом ЭП. Расчёт мощности электропривода механизма подъема и выбор двигателя. Системы управления крановыми электроприводами. Конструктивные особенности лифтов. Расчёт мощности электропривода лифта. Основные схемы управления лифтами. Шахтная подъёмная установка.

Литература к теме 10: [3].

Тема 11. Электропривод турбомеханизмов: насосы, вентиляторы компрессоры.

Содержание темы 11: Насосы, вентиляторы и компрессоры как типовые механизмы непрерывного действия. Механизмы центробежного и поршневого типов. Способы пуска центробежных механизмов. Основные параметры, характеризующие работу турбомеханизмов: подача, давление (напор) мощность, КПД, частота вращения. Q-H характеристика турбомеханизма и характеристика магистрали. Расчет необходимой мощности турбомеханизма. Особенности работы турбомеханизмов и требования к их ЭП. Системы управления ЭП турбомеханизмов.

Литература к теме 11: [3].

Тема 12. Электропривод конвейерных установок. Электропривод экскаваторов.

Содержание темы 12: Конструктивные особенности конвейеров. Общие требования к ЭП конвейеров. Расчет мощности ЭД конвейера. Требования к системе ЭП конвейерных установок. Системы управления конвейерными линиями. Электропривод экскаваторов. Конструктивные особенности применения роторных экскаваторов. Требования к ЭП механизмов экскаваторов.

Литература к теме 12: [3].

Тема 13. Электропривод металлургического производства.

Содержание темы 13: Требования к ЭП механизмов металлургического производства. Требования, предъявляемые к главному ЭП блюмингов и слэбингов. Вспомогательные механизмы прокатных станов. Нажимное устройство. Рольганги. Ножницы. Манипуляторы. Моталки и размотчики.

Литература к теме 13: [3].

Тема 14. Контактный электрический транспорт. Электромобиль.

Содержание темы 14: Требования к тяговому электрооборудованию подвижного состава городского электрического транспорта. Особенности характеристик ТЭД постоянного тока. Электромеханические характеристики двигателей последовательного, параллельного и смешанного возбуждения. Плавный реостатный пуск. Ступенчатый реостатный пуск. Безреостатный пуск с помощью импульсных преобразователей. Городские, шоссейные, спортивные электромобили. Преимущества электрической тяги по сравнению с другими видами привода. История развития электромобилестроения. Сравнительный анализ серийно выпускаемых электромобилей. Tesla Model S, Nissan Leaf, Renault ZOE, Chevrolet Volt, Mitsubishi i-MiEV, Proterra Electric Bus. Гибриды, достоинства и недостатки. Эволюция характеристик суперконденсаторов и перспективы их использования в электромобилях.

Литература к теме 14: [4].

3.3 Практические (семинарские) занятия

В учебном плане не запланировано.

3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очн/заочн	Литера- тура
1	Лабораторная работа №1. Аппаратная часть частотного преобразователя Unidrive-SP фирмы Control Technique. Ввод в эксплуатацию ПЧ.	4/2	[2]
2	Лабораторная работа №2 Первый запуск ПЧ Unidrive-SP. Режим автонастройки. Использование панели SM-Keypad Plus. Программное обеспечение CTSof. Средства формирования задания на скорость.	4/2	[2]
3	Лабораторная работа №3. Настройка ПЧ Unidrive-SP. Моторизованный потенциометр. Предустановленные скорости, программное задание. Параметрирование цифровых и аналоговых входов и выходов. Работа ПЧ в векторном режиме и режиме серво. Работа ПЧ в режиме позиционирования.	4/0	[2]
4	Лабораторная работа №4. Разработка программы управления модели мостового крана в ручном режиме на базе ПЛК Zelio Logic (язык LADDER).	3/2	[3]
5	Лабораторная работа №5. Разработка программы управления моделью лифта в автоматическом режиме на базе ПЛК Zelio Logic (язык FBD)	2/2	[3]
ИТОГО:		17/8	

3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн/заочн
1	Изучение лекционного материала	5/23
2	Подготовка к практическим занятиям	-/-
3	Подготовка к лабораторным работам	3/20
4	Выполнение курсового проекта	-/-
5	Выполнение курсовой работы	-/-
6	Выполнение индивидуального задания	0/9
ИТОГО:		8/52

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) по дисциплине учебным планом не запланирован.

Для оценки уровня практического применения изученного теоретического материала предусматривается выполнение расчётной работы. Работа направлена на закрепление знаний, полученных во время лекционных занятий.

Объем учебной нагрузки при выполнении индивидуального задания – 9 часов.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – не более 6 страниц формата А4 (210×297 мм).

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой производственный опыт.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;
- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;
- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;

- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;
- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

Вопросы к экзамену:

1. Назовите основные достоинства и недостатки высоковольтных частотно-управляемых ЭП. Какие схемные решения используются в таких системах? Чем они принципиально отличаются от низковольтных ПЧ?
2. Обоснуйте верхнюю по мощности границу применения преобразователей частоты, питающихся от однофазной цепи.
3. Проанализируйте возможность применения единой серии электрических машин в металлургии. На каких металлургических механизмах можно применить такие машины и почему?
4. Проанализируйте способы охлаждения электрических машин при их работе на транспорте и с учетом их IP исполнения на примере ЭП трамвая.
5. Обоснуйте необходимость применения специальной серии электрических машин на транспорте.
6. Обоснуйте необходимость применения специальной серии электрических машин в металлургии.
7. Проанализируйте типы защит в преобразователях частоты.
8. Предложите силовую схему УПП, обеспечивающую реверс электродвигателя.
9. Обоснуйте необходимость ограничения пусковых токов двигателя. Какие варианты ограничения токов вам известны. Сравните все известные Вам варианты.
10. Проанализируйте основные (принципиальные) отличия единой и специальной серии электрических машин?
11. Проведите сравнительный анализ различных типов УПП: 1) с тиристорами в двух фазах, 2) с тиристорами в трех фазах и датчиком тока; 3) УПП, обеспечивающий ограничение момента.
12. При наладке нового ПЧ насоса установил закон частотного управления $U/f = \text{const}$. Каким образом этот факт повлияет на дальнейшую работу ЭП?
13. Вам необходимо выбрать преобразователь или УПП для насосной станции, состоящей из трех насосов. Сколько ПЧ или УПП вы выберете? Чем будете руководствоваться? Обоснуйте ответ. Приведите схему.
14. Проанализируйте влияние диапазона регулирования скорости и изменения нагрузки на выбор типа ПЧ?

15. Проведите сравнительный анализ двух систем в ЭП троллейбуса: 1) ПЧ с тормозным резистором; 2) ПЧ с модулем рекуперации.
16. При наладке нового ПЧ механизма подъема установил закон частотного управления $U/f^2 = \text{const}$ (квадратичный). Каким образом этот факт повлияет на дальнейшую работу ЭП? Обоснуйте ответ.
17. Вам необходимо выбрать частотный преобразователь для механизма подъема крана. С каким законом управления Вы выберете ПЧ – векторным или скалярным? Обоснуйте ответ.
18. Какую функцию выполняют элементы, которые устанавливаются между ПЧ и питающей сетью? Дайте свои рекомендации по выбору этих элементов.
19. Проведите сравнительный анализ двух способов регулирования скорости: с помощью ПЧ и с помощью мотор-вариатора.
20. Назовите область применения сервопривода исходя из его характеристик. Проведите сравнительный анализ сервопривода на базе СДПМ, ДПТ, ПЧ-АД.
21. По каким признакам шаговый привод можно отнести к сервоприводам, а по каким – нет? Обоснуйте ответ.
22. Проведите сравнительный анализ зубчатых и фрикционных механических передач.
23. Обоснуйте необходимость использования механотронных модулей в системах ЭП.
24. Сформулируйте требования к электроприводу крановых механизмов. Проанализируйте возможность применения АД общего и специального назначения в крановом ЭП.
25. Укажите конструктивные особенности лифтов, требования к их ЭП. Приведите типовые схемы системы управления электроприводом современного лифта.
26. Приведите основные параметры, характеризующие работу турбомеханизмов. Опишите способы пуска центробежных механизмов. Приведите типовые схемы системы управления электроприводом турбомеханизмов.
27. Укажите конструктивные особенности конвейеров. Сформулируйте общие требования к ЭП конвейеров.
28. Укажите конструктивные особенности применения роторных экскаваторов. Сформулируйте требования к ЭП механизмов экскаваторов.
29. Сформулируйте требования к ЭП механизмов металлургического производства.
30. Сформулируйте преимущества электрической тяги по сравнению с другими видами привода. Требования к тяговому электрооборудованию подвижного состава городского электрического транспорта.
31. Укажите особенности функционирования автономного электрического транспорта, перспективы развития накопителей энергии.
32. Приведите электромеханические характеристики двигателей постоянного тока последовательного, параллельного и смешанного возбуждения.

Пример экзаменационного билета:

ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 Программа подготовки: магистратура
 Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Направленность (профиль): Электроснабжение и энергосбережение
 Семестр: 3
 Учебная дисциплина: Современные системы электропривода

БИЛЕТ № 1

1. Предложите силовую схему устройства плавного пуска, обеспечивающую реверс электродвигателя. Дайте её описание.
 2. Проанализируйте основные способы торможения в современных системах ПЧ-АД.
- Зав. кафедрой Розкаряка П.И. Экзаменатор Розкаряка П.И.

КРИТЕРИИ

оценивания экзаменационной работы

по дисциплине «Современные системы электропривода»
 для обучающихся по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
 (магистерская программа – Электроснабжение и энергосбережение)

Экзамен проводится письменно по билетам. Билет содержит 2 вопроса, каждый из которых требует конкретного ответа. При необходимости отвечающий должен сопроводить написанное поясняющей схемой (рисунком).

Вопросы охватывают теоретическую часть курса, а также требуют демонстрации практических навыков, полученных студентом в ходе лабораторных работ.

Правильный ответ на вопрос оценивается в двадцать пять баллов. Если ответ не полный, то он оценивается в пятнадцать баллов. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос обучающийся получает ноль баллов. Полученные баллы за ответы на вопросы билета суммируются и с учётом результатов текущего контроля работы студента выводится итоговая оценка по 100-балльной шкале.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ESTS.

Утверждено на заседании кафедры электропривода и автоматизации
 промышленных установок, протокол № ____ от _____.20____ г.
 Заведующий кафедрой _____ Розкаряка П.И.

4.3 Критерии оценивания

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «Современные системы электропривода» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля).

Текущий контроль знаний студента очной формы обучения осуществляется по результатам лабораторных работ, студента заочной формы обучения – по результатам выполнения индивидуальной работы. Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта, выполнение индивидуального задания (контрольной работы), предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля

Форма контроля	Возможное количество баллов	Примечание
Для студентов очной формы обучения		
Отчёт по лабораторной работе	10	Задание выполнено правильно, полученные результаты обоснованы, приведен анализ полученного результата
	5	Задание выполнено в целом правильно, полученные результаты не всегда обоснованы, возникли трудности в объяснении полученных результатов
Итого по лабораторным работам (максимально возможное)	50	Из расчёта проведения пяти лабораторных работ. Оцениваются результаты каждой лабораторной работы.
ИТОГО	50	Максимально возможное
Для студентов заочной формы обучения		
Выполнение контрольной работы (индивидуального задания)	50	При выполнении задания полученные результаты обоснованы, выводы аргументированы и логичны, работа оформлена без замечаний
	30	Задание выполнено в целом правильно, но полученные результаты не всегда обоснованы, имеются замечания по оформлению.
ИТОГО	50	Максимально возможное

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена. Форма проведения экзамена – письменная. Экзаменационный билет включает в себя 2 теоретических вопроса. При оценивании студента на экзамене преподаватель руководствуется критериями, приведенными в таблице 2.

Максимальное количество баллов за ответ на вопрос экзаменационного билета засчитывается студенту в случае, если ответ подтверждает владение студентом знаниями в полном объеме учебной программы, материал изложен в логической последовательности с выделением главного, содержит точные формулировки, сопровождается иллюстрирующими схемами и рисунками (при необходимости).

В случае, если ответ на вопрос не в полной мере отвечает приведенным требованиям, студенту засчитывается количество баллов, равное 15. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос студент получает 0 баллов.

Таблица 2 – Распределение баллов по семестровому экзамену

Форма контроля		Максимально возможное количество баллов
Ответ на вопросы экзаменационного билета	вопрос 1	25
	вопрос 2	25
ИТОГО		50

Итоговая оценка определяется путем суммирования количества баллов по результатам текущего контроля и количества баллов по результатам семестрового экзамена. **Максимально возможное количество баллов – 100.**

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично
80-89	B	Хорошо
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	Удовлетворительно
35-59	FX	
0-34	F*	Неудовлетворительно

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.4 Пример текущего опроса на лабораторных работах

На примере темы «Настройка ПЧ. Параметрирование цифровых и аналоговых входов и выходов. Работа ПЧ в векторном режиме и режиме серво»:

1. Обоснуйте необходимость учета максимальной длины кабеля между ПЧ и двигателем.
2. Назовите типовые значения перегрузочной способности преобразователя частоты.
3. Почему автонастройка в ПЧ не всегда может обеспечить качество работы ЭП в динамических режимах?
4. Дайте рекомендации по выбору закона частного регулирования для различных типовых механизмов

Ответы на вопросы входного контроля учитываются преподавателем в результатах текущего контроля работы студента.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I Основная литература

1. Бекишев, Р. Ф. Общий курс электропривода : учебное пособие / Р. Ф. Бекишев, Ю. Н. Дементьев. — Томск : Томский политехнический университет, 2014. — 302 с. — ISBN 978-5-4387-0393-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/34688.html>

2. Системы управления автоматизированным электроприводом переменного тока [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А.М. Макаров, А.С. Сергеев, Е.Г. Крылов, Ю.П. Сердобинцев ; Волгоград. гос. техн. ун-т. - 4 Мб. - Волгоград : ВолГТУ, 2016. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/17/cd6824.pdf>

II Дополнительная литература

3. Васильев Б.Ю. Электропривод. Энергетика электропривода [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Б.Ю. Васильев. - 11 Мб. - Москва : СОЛОН-Пресс, 2015. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader.

<http://ed.donntu.ru/books/17/cd6756.pdf>

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

4. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Современные системы электропривода» [Электронный ресурс] (для студентов направления подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника») / ГОУВПО "ДОННТУ", каф. электропривода и автоматизации промышленных установок ; сост. П.И. Розкаряка. - 304 Кб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader.

<http://ed.donntu.ru/books/21/m6055.pdf>

5. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Современные системы электропривода» [Электронный ресурс] (для студентов направления подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника») / ГОУВПО "ДОННТУ", каф. электропривода и автоматизации промышленных установок ; сост. П.И. Розкаряка. - 2 Мб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader.

<http://ed.donntu.ru/books/21/m6056.pdf>

6. Методические указания к выполнению индивидуальной работы по дисциплине "Современные системы электропривода" [Электронный ресурс] (для студентов направления подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника») / ГОУВПО "ДОННТУ", каф. электропривода и автоматизации промышленных установок ; сост. П.И. Розкаряка. - 285 Кб. - Донецк, 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader.

<http://ed.donntu.ru/books/21/m6057.pdf>

Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>

ЭБС IPR BOOKS – <http://www.iprbookshop.ru/>.

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Учебная аудитория № 8.303 учебный корпус 8 для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, (мультимедийное оборудование: компьютер Intel Celeron E1200, операционная система Windows XP Professional x86/64 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 4.3.2.2, Google Slides (бесплатная версия), мультимедийный проектор, экран; специализированная ме-

бель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты).

2. Специализированная лаборатория №8.109 корпус 8 для проведения лабораторных занятий. Специализированное оборудование: Стенд 1. Лабораторный стенд для исследования систем управления тепловыми процессами и энергетических режимов работы оборудования. Программный регулятор ОВЕН ТРМ 151, измеритель-регулятор ОВЕН ТРМ 202, цифровой мультиметр LOVATO DMK3, программируемый логический контроллер VIPA 313SC, преобразователь частоты Danfoss VLT 5000, физическая модель приточной нагревательной установки, содержащая датчик температуры TN-2531, датчик температуры TAD961, вентилятор SUNON DP200A2123XBT, нагреватель NOMACON P=300 Вт, твердотельные реле CARLO GAVAZZI RM1E23AA25. Макет помещения, содержащий термопреобразователь сопротивления TCM 1-3 50M L80, датчик влажности, вентилятор SUNON DP200A2123XBT, нагревательный элемент. Стенд 2. Лабораторный стенд для исследования систем позиционирования и регулирования скорости: стартовый комплект SPEED7.800-7DK20 (центральный процессор CPU313SC VIPA 313-5BF03), датчик емкостной CA18 CLN 12PA, датчик индуктивный IA18 DSN 14 PO, фотодатчик PA 18 CSD 02 PA, модуль питания SPD2460, монитор FA1, монитор FD1, преобразователь частоты Lenze 8200 Vector, сервопозиционер Lenze 9300 EV9321-EP. Стенд 3. Лабораторный стенд для исследования шаговых электроприводов и устройств плавного пуска: преобразователь частоты Unidrive SP 1401, устройство плавного пуска Softstarter PFE-16, модуль питания SPD 2406. AC/DC Converter 24 V, драйвер шагового двигателя MD5 MF15, 5-ти фазный шаговый двигатель A16K-M569W, программируемый логический контроллер VIPA CPU314ST. Стенд 4. Лабораторный стенд для исследования частотно-регулируемых электроприводов при векторном и скалярном управлении: электродвигатель 1LA7073-2AA10 0,55 кВт, преобразователь частоты Unidrive SP 1401 (0.75кВт), преобразователь частоты Comander SK (1.1 кВт). Стенд 5. Лабораторный стенд для исследования регулируемых электроприводов постоянного и переменного тока: силовой преобразователь постоянного тока Mentor II Digital DC Drive, возбудитель FMX5 Field Controller, преобразователь частоты Unidrive SP 1404 (3кВт), двигатель постоянного тока (P=3 кВт), синхронный двигатель с постоянными магнитами, модули расширения, резольвер, энкодер. Стенд 6. Лабораторный стенд для исследования электроприводов постоянного тока с двухзонным регулированием: тиристорный преобразователь DCS 800 (ABB), электродвигатель ПБСТ-42 (P=2,4 кВт), электродвигатель ПБСТ-43 (P=2,8 кВт), управляемый выпрямитель ЭТ-6, датчик фотоимпульсный ПДФ-3У2, датчик кодовый КД-3. Стенд 7. Лабораторный стенд для управления частотно-регулируемым электроприводом от программируемого контроллера: программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК100, программируемый логический контроллер VIPA CPU 314ST, преобразователь частоты Lenze 8400, преобразователь SPD 2406. Стенд 8. Лабораторный стенд для исследования частотно-регулируемого электропривода вентилятора: преобразователь частоты Altivar 312HO18M2, электродвигатель асинхронный МЕБСА 632-4 (0,18 кВт), вентилятор Soler&Palau CMT/4-180/0.75, многофункциональный измерительный прибор Power Logic PM700.

Приборное обеспечение: 16-канальный регистратор параметров Рекон-08, генератор сигналов Г6-26.

Компьютерное обеспечение: компьютеры Celeron-3,06Ghz/2Gb/400Gb, (ОС - Windows XP Professional x86 и Windows 7 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), программное обеспечение: для работы с ПЛК VIPA – WinSPS-S7 V5 (бесплатная версия); для работы с преобразователями частоты Unidrive и Comander фирмы Control Technique – STSoft V1.16.0.3, Sypt PRO V 2.5.3, CT Scope V1.1.4 (бесплатная версия); для работы с преобразователями частоты фирмы Lenze – Global Drive Control V4.14.1.0 (бесплатная версия); для работы с ПЛК ОВЕН – CoDeSys V2.3 (бесплатная версия); для работы с регистратором параметров Рекон – WinRec MC (бесплатная версия); для работы с цифровым мультиметром LOVATO DMK3 – DMK Remote Control (бесплатная версия); для работы с ПЛК Zelio-logic фирмы Schneider Electric – Zelio Soft2 (бесплатная версия); для работы со SCADA Zenon фирмы COPA-DATA – Zenon Editor 6.22, Zenon RunTime (бесплатная версия). Мультимедийный проектор Epson Emp-S52, экран проекционный, специализированная мебель: доска передвижная, столы аудиторные, стулья ученические.

Специализированная лаборатория № 8.105 учебный корпус 8 для проведения лабораторных работ. Специализированное оборудование: лабораторный стенд «Электропривод и система управления мостового крана», в составе действующего макета моста, тележки и грузоподъемного механизма, ПЛК Zelio SR3XT101BD, модули SR3261BD, SR3MBU61BB, SR3XT101BD, преобразователи SPD 1260, SPD 2460 AC/DC converter. Лабораторный стенд «Электропривод и система управления пассажирского лифта», в состав которого входят действующий макет пассажирского лифта, ПЛК Unitronics V570 со встроенной HMI-панелью оператора, преобразователи SPD 1260, SPD 2460 AC/DC converter. Лабораторный стенд «Электропривод и система управления шахтной подъемной установки», в состав которого входят действующий макет шахтной подъемной установки, интерфейсный модуль IM VIPA 053-1DP00 с поддержкой Profibus-DP, в сборе с модулем питания 007-0AA00, преобразователи SPD 1260, SPD 2460 AC/DC converter, ПЛК VIPA-315 SB, ПЛК Unitronics Jazz. Мультимедийное оборудование: экран Sopar Platinum (2шт), проектор NP-M260.XG (2шт); компьютеры (3шт) Core.i3.3.0.Ghz/2Gb/500Gb, объединенные в сеть Ethernet с выходом в Интернет, (ОС - Windows XP Professional x86 и Windows 7 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия). Программное обеспечение: для работы с ПЛК Zelio-Logic фирмы Schneider Electric – Zelio Soft2 (бесплатная версия); для работы со SCADA Zenon фирмы COPA-DATA – Zenon Editor 6.22, Zenon RunTime (бесплатная версия); для работы с ПЛК фирмы Unitronics – U90Ladder, V6.1.7 (бесплатная версия). Специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты, доска маркерная.

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-

образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС-Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 - общественная лицензия MPL 2.0, Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3, Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL).